

Color correct digital watermarking of images

Patent Number: ☐ US5530759
Publication date: 1996-06-25
Inventor(s): MAGERLEIN KAREN A (US); MINTZER FREDERICK C (US); BRAUDAWAY GORDON W (US)
Applicant(s): IBM (US)
Requested Patent: ☐ JP8241403
Application Number: US19950381807 19950201
Priority Number(s): US19950381807 19950201
IPC Classification: H04K1/00
EC Classification: H04N1/32C19, G06T1/00W, G06T11/00, H04N1/46, H04N5/913
Equivalents: DE69620279D, DE69620279T, ☐ EP0725529, A3, B1

Abstract

A system for placing a visible "watermark" on a digital image is disclosed, wherein an image of the watermark is combined with the digital image. The pixels of the watermark image are examined, and for each pixel whose value is not a specified "transparent" value, the corresponding pixel of the original image is modified by changing its brightness but its chromaticities. This results in a visible mark which allows the contents of the image to be viewed clearly, but which discourages unauthorized use of the image.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-241403

(43) 公開日 平成8年(1996)9月17日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 T	1/00		G 0 6 F 15/62	A
	5/00		H 0 4 N 1/387	
H 0 4 N	1/387		G 0 6 F 15/68	3 1 0 A

審査請求 未請求 請求項の数12 OL (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平8-11646

(22) 出願日 平成8年(1996)1月26日

(31) 優先権主張番号 3 8 1 8 0 7

(32) 優先日 1995年2月1日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシー
ズ・コーポレーション

INTERNATIONAL BUSIN
ESS MACHINES CORPO
RATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州
アーモンク (番地なし)

(72) 発明者 ゴードン・ウェズリー・ブローダウェイ

アメリカ合衆国10598 ニューヨーク州ヨ
ークタウン・ハイツ アデラ・コート 33

(74) 代理人 弁理士 合田 潔 (外2名)

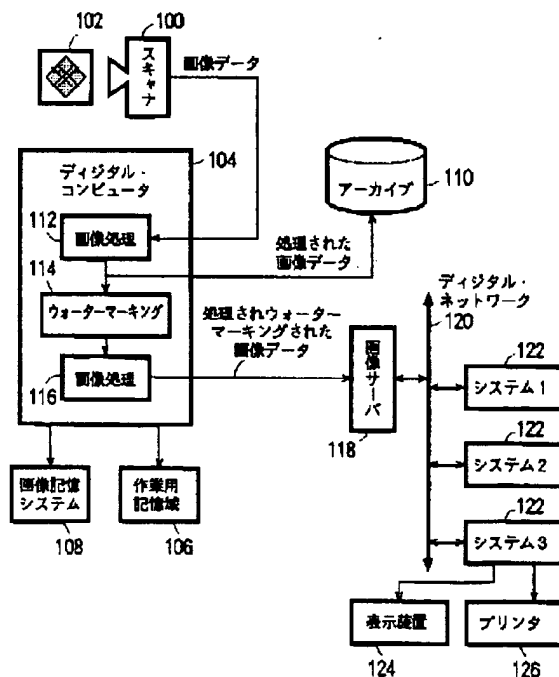
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像の色変化のないデジタル・ウォーターマーキング

(57) 【要約】

【課題】 ウォーターマークの画像がデジタル画像と組み合わせられる、デジタル画像に可視の「ウォーターマーク」を置くシステムを提供する。

【解決手段】 ウォーターマーク画像の画素を検査し、その値が指定された「透明」値でない画素のそれぞれについて、原画像の対応する画素を、その色度ではなく輝度を変更することによって修正する。これによって、画像の内容を明瞭に見ることができるが、画像の無認可使用を思いとどまらせる可視のマークをもたらすことが可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 デジタル原画像を提供するステップと、
デジタル・ウォーターマーク画像を提供するステップと、

ウォーターマーキングの際に原画像の画素の色度を変更せずに、原画像上にウォーターマーク画像を重畳することによって、ウォーターマーキングされた画像を作るステップとを含む、デジタル画像の上に可視のウォーターマークを置く方法。

【請求項2】 画像を作るステップが、
ウォーターマーク画像内の「透明」でない画素のそれぞれについて、色ではなく輝度を変更することによって原画像の対応する画素を修正するステップを含むことを特徴とする、請求項1に記載の方法。

【請求項3】 画素の色度が変化しないように線形色空間での原画像の画素サンプル値に対する乗法訂正として原画像にウォーターマークを適用するステップを含む、原画像にデジタル・ウォーターマークを適用する方法。

【請求項4】 デジタル原画像とデジタル・ウォーターマークとを格納された記憶装置と、
ウォーターマーキングの際に原画像の画素の色度を変更せずに、原画像上にウォーターマーク画像を重畳することによって、ウォーターマーキングされた画像を作る手段とを含む、デジタル画像上に可視のウォーターマークを置くシステム。

【請求項5】 画像を作る手段が、
色ではなく輝度を変更することによって、不透明なウォーターマーク画素に対応する原画像の各画素を修正する手段を含むことを特徴とする、請求項4に記載のシステム。

【請求項6】 ウォーターマーク適用の結果として修正される原画像の画素のサブセットを識別する手段と、
サブセット内の画素のそれぞれについて、色成分の値に基づいてスケーリング値を決定する手段と、
サブセット内の画素のそれぞれの色成分のそれぞれにそのスケーリング値をかける手段と、
この動作によって作成されたウォーターマーキングされた画像を記憶する手段とを含む、原デジタル画像にデジタル・ウォーターマークを適用するシステム。

【請求項7】 ウォーターマーク適用の結果として修正される原画像の画素のサブセットを識別する手段と、
サブセット内の各画素の色成分を線形化する手段と、
サブセット内の各画素について色成分の線形化された値に基づいてスケーリング値を決定する手段と、
サブセット内の各画素の各成分にそのスケーリング値をかける手段と、
サブセット内の各画素の修正された成分を線形化解除する手段と、

その結果得られるウォーターマーキングされた画像を記憶する手段とを含む、原デジタル画像にデジタル・

ウォーターマークを適用するシステム。

【請求項8】 前記スケーリング値Sを決定する手段が、
乱数ノイズ場に応答することを特徴とする、請求項7に記載のシステム。

【請求項9】 前記スケーリング値Sを決定する手段が、
再生可能な乱数シーケンスまたは暗号キーによって作成されるノイズ・シーケンスの要素に応答することを特徴とする、請求項7に記載のシステム。

【請求項10】 前記スケーリング値Sを決定する手段が、
対応するウォーターマーク画素の値に応答することを特徴とする、請求項7に記載のシステム。

【請求項11】 修正される原画像の画素のサブセットを識別するステップと前記画素のサブセット内の各画素について、

前記画素の色成分の値に基づくスケーリング値を決定するステップと、

前記画素の各成分に前記スケーリング値Sをかけるステップと、

その結果得られるウォーターマーキングされた画像を記憶するステップとを含む、原デジタル画像にデジタル・ウォーターマークを適用する方法。

【請求項12】 決定の前に、前記画素の色成分を線形化するステップと、

かけた後に、前記画素の修正された成分を線形化解除するステップとをさらに含む、請求項11に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、デジタル画像の分野に関し、具体的には、デジタル画像のウォーターマーキング（透かし）の分野に関する。

【0002】

【従来の技術】 デジタル・イメージは、多数または広範囲のユーザが、図書館の写本、美術館のオブジェ、雑誌記事または、写真もしくはスキャナで取り込むことができるすべてのものなどの単一の物体をアクセスする手段を提供する。デジタル画像は、画素の2次元配列であり、画素のそれぞれは、ある1点での物体の色を記述する。デジタル画像は、簡単にデジタル・コンピュータに記憶でき、通信回線を介して伝送でき、遠隔地で複写することができる。

【0003】 デジタル画像の巨大なライブラリを一般に使用可能にすることを抑止する大きな要因の1つが、画像内容の所有者による、その画像の不正流用に関する懸念である。多くの場合に、画像がデジタル化された元の媒体の所有者は、その画像のなんらかの使用から収入を得る。この場合、所有者は、通常は、その画像が使用料なしで複写され、使用されないことを望む。この1例が、デジタル・ブックまたはデジタル雑誌に関して使用可能な画像を作成するが、他の出版者によるこの画像の無認可の複写および使用を防止したいと望む出版

者であろう。もう1つの例は、マルチメディア・プレゼンテーション用のコレクションで芸術作品の画像を販売したいが、芸術書出版のためにこれらの画像を使用されたくない、アート・コレクションの所有者の場合であろう。

【0004】他の場合では、媒体の所有者が、他の理由のために特定の使用を防止したいと望む可能性がある。たとえば、国立図書館は、研究のためにさまざまな作品の複製を使用可能にしたいと考えるが、どのような形式であれ、ポルノグラフィなどその施設にとって厄介な製品の広告に使用されることは望まない可能性がある。

【0005】したがって、一般的な問題は、一部のユーザには全面的に許容されるが、他のユーザにとっては許容可能でない画像を作る技法を考案することである。しばしば、研究調査のためには完全に許容可能であるが、出版のためには許容可能でない画像を作ることが望まれる。これを達成する方法の1つが、「ウォーターマーキング」として知られるものである。

【0006】単純なウォーターマーキング方法は、ジム・ピッカレル (Jim Pickerell) およびアンドリュー・チャイルド (Andrew Child) 著、"Marketing Photography in the Digital Environment" (1994年) で実証されている。同社から入手できる追加シート "Image Watermarking for Photoshop" に、Photoshopを使用してウォーターマークを適用するための命令がある。ピッカレルおよびチャイルドは、写真および「クリップ・アート」の電子カタログを保護するためにこの技法を使用している。

【0007】ウォーターマーキングは、著作権所有者および媒体所有者が自分の画像の使用を制御するための効果的な方法であるが、従来のウォーターマーキング処理では、ウォーターマークが現れる箇所では原画像の色度に変化する可能性がある。この効果は、原画像の所有者とそれを見る者の両方の観点から望ましくない可能性がある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上記に鑑みて、本発明の目的は、原画像の色度を保存するデジタル・ウォーターマークを提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】したがって、本発明の1態様によれば、画素の色度が変化しないように、線形色空間での原画像の画素サンプル値に対する乗法訂正として、デジタル・ウォーターマークが原画像に適用される。

【0010】好ましい実施例では、デジタル画像に可視ウォーターマークを置くためのシステムが、ウォーターマークの画素を検査する。その値が指定された「透明」値ではない画素のそれぞれについて、このシステムは、色ではなく輝度を変更することによって、原画像の

対応画素を修正する。有利なことに、画像の色が変化しないことを保証することによって、ウォーターマーキングされた画像の内容は、明瞭に見えるが、画像の無認可使用を思いとどまらせる。

【0011】

【発明の実施の形態】

a. 色理論

本発明の詳細な説明を始める前に、色理論の背景を多少提示し、ウォーターマーキングされる画像が通常記憶されるフォーマットを説明しておけば有用である。色理論は、K. プレア・ベンソン (Blair Benson) 編、「Television Engineering Handbook」(McGraw-Hill Book Company, New York, 1986) で詳細に説明されている。

【0012】色の感覚は、人間の網膜の感光要素の物理的な刺激によって喚起される。この刺激は、約380nmから約780nmの間の波長を含む「可視」スペクトル内の電磁放射からなる。「錐状体」として知られる感光要素は、3種類に分離することができ、各種類は、放射の異なるスペクトル分布に感応する。この色感覚の「三色性」は、多くの異なるスペクトル分布が、同一の色知覚をもたらすことを意味する。

【0013】三色性という現象のために、どのような色刺激であっても、3つの主刺激のどれもが他の2つの混合物と一致しない限り、3つの主刺激の混合物と一致させることができる。同じ三刺激値を有する色のすべては、同一の色に見える。一般的に使用される主刺激の組は、R、GおよびBと表記される赤、緑および青の組み合わせである。R、GおよびBは、所与の画素の成分値を表す三刺激値R、GおよびBを有する。

【0014】実験結果から、実用目的のほとんどでは、色合せが、線形性と加算性の規則に従うことが示されている。この原則を色に適用したものを、グラスマン (Grassmann) の法則と称する。実際の問題としてこれが意味するものは、2つの色刺激が混合され、刺激の単位が線形である場合に、結果の刺激が、2つの元の色の三刺激値の和に等しい三刺激値を有するということである。

【0015】グラスマンの法則の結果は、単位放射のすべての単色刺激の三刺激値がわかれば、他の刺激の三刺激値を積分によって計算できるということである。すべての単色刺激の三刺激値を、単位放射あたり $r(\lambda)$ 、 $g(\lambda)$ および $b(\lambda)$ と表記する。色合せの実験測定は、正常な視覚を有することがわかっているかなり大量のサンプルの人間を使用して実行された。これらの実験から導出された3つの関数 $r(\lambda)$ 、 $g(\lambda)$ および $b(\lambda)$ の組が、国際規格の基礎として1931年に国際照明委員会 (CIE) によって使用された。

【0016】 $r(\lambda)$ 、 $g(\lambda)$ および $b(\lambda)$ 色合せ関数を標準規格として採用すると同時に、CIEは、特殊な特性を有する主刺激のもう1つの組を採用した。これは、X、YおよびZと表記され、対応する三刺激値X、Yお

5

よびZと色合せ関数 $x(\lambda)$ 、 $y(\lambda)$ および $z(\lambda)$ を有する。X、YおよびZは、R、GおよびBと線形な関係を有する、すなわち、下記の定数行列Mが存在する。

【数1】

式1

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

しかし、X、YおよびZは、Yが3つの混合の輝度情報のすべてに寄与するように選択された仮想の（物理的ではない）主刺激である。この選択のもう1つの特性は、この3つの色合せ関数が、どの波長でも負でない値を有するということである。これらは、CIE 1931 XYZ色空間および式と称する。ある画素の色は、その輝度Yと、その色度xおよびyに関して記述することもできる。ここで、その色度は、そのX、YおよびZ値から、次式に従って導出される。

$$x = X / (X + Y + Z)$$

および

$$y = Y / (X + Y + Z)$$

【0017】CIE 1931三刺激値X、YおよびZは、均一知覚力に基づく色情報を提示しない。すなわち、色の認め得る最小の変化が、色空間全体を通じてその三刺激値の同一の変化によって表現されるわけではない。この知覚の非均一性を矯正しようとして、CIEは、1976年に、知覚的により均一な色空間と式を推奨した。これらを、CIE 1976 $L^*a^*b^*$ 色空間および式と称する。この色空間の輝度成分、 L^* （知覚的に均一な輝度とも称する）は、次のように定義される。

式2

$$L^* = 116 f(Y/Y_n) - 16$$

ここで

$$q > 0.008856 \text{ であれば、} f(q) = q^{1/3}$$

$$q \leq 0.008856 \text{ であれば、} f(q) = 7.787 q + 16/116$$

また、 Y_n の値は、最終的なウォーターマーキングされた画像が作られる表示装置または印刷装置の特性から従来どおりに決定される、選択された白基準のYの値である。

【0018】電子形式で広範囲に入手可能な画像の一般的なタイプには、白黒とカラーの2種類がある。白黒（またはグレイスケール）画像では、通常は、画素の輝度を表す単一のサンプル値として画素が表現される。カラー画像では、通常は、各画素の輝度と色を表す3つのサンプル値が使用される。これら3つのサンプルは、赤／緑／青、y/cb/cr、輝度／彩度／色相または他の何らかの色空間の成分を表すことができる。印刷に使用されるカラー画像は、4つの成分（シアン／マゼンタ／イエ

6

ロー／黒）を有する場合がある。他にも多くのタイプの画像（衛星データ、MRIデータなど）が存在する。当業者であれば、このほかにも画素情報を表現する方法が多数存在することを諒解するであろう。

【0019】b. 詳細な説明

図1は、本発明の実施例に従う使用に適した、画像取込み配布システムのブロック図である。スキャナ100が、物理供給源（絵画や写真など）102から画像データを取り込み、デジタル・コンピュータ104に送る。デジタル・コンピュータ104には、作業用記憶域106（通常はコンピュータのランダム・アクセス・メモリ内で実施される）、画像記憶システム108（たとえば、通常のハード・ディスク駆動装置とすることができる）および画像アーカイブ110（たとえば、テープ記憶装置またはディスク記憶装置とすることができる）が含まれる。デジタル・コンピュータ104には、多数のソフトウェア・モジュールも含まれる。これには、スキャナ100によって供給される画像データに対して画像処理（スケーリングや強調など）を実行するフロント・エンド画像処理ソフトウェア112、色を保存するウォーターマーキング・ソフトウェア114（本発明の原理に従って動作する）および、ウォーターマーキングされた画像に対して圧縮（たとえばJPEG規格に従うものなど）などの機能を実行するバックエンド画像処理ソフトウェア116が含まれる。

【0020】未処理またはフロント・エンド処理された原画像は、ウォーターマーキングされない形式での保存のために画像アーカイブ110に送られることが好ましい。

【0021】ウォーターマーキング・ソフトウェア114は、後に詳細に説明する本発明の原理に従って、フロントエンド処理された画像にウォーターマークを適用する。ウォーターマーキング処理は、保存された画像のコピーか、全体または一部をコンピュータの作業用記憶域106にロードされた、スキャンされ処理された他の画像データに対して実行することができる。

【0022】ソフトウェア・モジュール112ないし116の組合せによって作られる、処理され、ウォーターマーキングされ、圧縮された画像は、作業用記憶域106または画像記憶システム108（コピーがセーブされた場合）から画像サーバ118へ送られ、画像サーバ118は、ローカル・エリア・ネットワーク（LAN）、インターネットなどの広域ネットワーク（WAN）またはその両方とすることのできるデジタル・ネットワーク120に接続される。デジタル・ネットワーク120に接続された他のシステム122は、デジタル・ネットワーク120を介して画像サーバ118に記憶された画像を要求することができる。その後、このシステムは、表示装置124（SVGAモニタなど）に画像を表示するか、グラフィックス能力を有するプリンタ126

7

に画像を印刷することができる。当業者であれば、本発明を使用できる他のシステム構成が存在することを諒解するであろう。

【0023】本発明の好ましい実施例では、ウォーターマーク画像は、線形輝度空間を表すものとして扱われる（便宜上）8ビット画素からなる白黒画像である。ウォーターマーク画像は、たとえば、画像記憶システム108内のファイルとして以前に記憶されたスキャンされた画像か、グラフィック（グラフィックス・プログラムによって作成でき、やはり画像記憶システム108に記憶

【0024】画像画素の成分を記述する各サンプルは、ある固定されたビット数を使用して記憶される。たとえば、8ビット（1バイト）を使用して、白黒画像の1画素について256レベルの輝度（黒から白までの範囲）のうちの1レベルを指定することができ、3つの8ビット・サンプルによって、カラー画像の赤の256レベルのうちの1つ、緑の256レベルのうちの1つおよび青の256レベルのうちの1つを記述することができる。その代わりに、成分サンプル値を記述する「パレット」またはカラー・テーブルへのインデックスを使用して各画素を記述することができる。8ビットのインデックスを使用すると、画像に最高で256個の別々の色を含めることができる。当業者であれば、画素の成分値を有限の長さの任意の2進数によって表現できることを諒解するであろう。

【0025】本発明によれば、値128（16進数の80）を有するウォーターマーク画素は「透明」である、すなわち、この画素は、対応する「原画像」画素が変更されないことを示す。0から127までの値を有するウォーターマーク画素は、対応する「原画像」画素が暗くされることを示し、その画素は、ウォーターマーク画素の値がWであるとして、 $(128-W)/128$ をかけた値だけ暗くされる。129から255までの値を有する画素は、対応する画素が明るくされることを示し、ウォーターマーク画素の値がWであるとして、 $(W-128)/128$ をかけた値だけ明るくされる。

【0026】ウォーターマーキング処理の機能ブロック図を、図2に示す。図2の処理は、不透明ウォーターマーキング画像画素（すなわち、所与の原画像画素と同一のX、Y座標に置かれるウォーターマーク内の不透明画素）に対応する原画像画素のそれぞれについて実行される。透明ウォーターマーク画像画素に対応する原画像画素は、図2の処理なしで画像バッファに送られる。

【0027】ブロック202で、「原画像」画素は、画像の線形輝度スケールへの変換が必要な場合には、線形輝度スケールに変換される。このような変換が必要になる理由は、後で詳細に説明する。この変換は、参照テーブル203によって達成されることが好ましい。白黒「原画像」の場合、このステップの出力は、処理される

8

現画素の線形輝度Yである。カラー画像の場合、ブロック202の出力は、画素の線形化されたR、GおよびBの値の組である。

【0028】ブロック204で、式2に従って知覚的に均一な輝度 L' を計算する。カラー画像の場合、Yの値は、その画素の輝度である。

【0029】ブロック206で、ユーザ（またはアプリケーション・プログラム）によって選択されたウォーターマーク輝度値の関数として、スケール係数 Y'/Y を計算する。このユーザが選択した値によって、ウォーターマークの目立ちかたが決定される。スケール係数計算の詳細を、図4に示す。

【0030】ブロック208で、乱数ノイズ成分RNを決定する。乱数ノイズ成分は、原画像の線形輝度Y、ノイズ輝度値(NI)（ウォーターマーキング・プログラムへの入力としてユーザによって選択される）および乱数（ブロック209でコンピュータによって生成される）の関数として計算される。乱数(RND)は、 $-1 \leq RND \leq 1$ となるような値である。ノイズ輝度値は、 $0 \leq NI \leq 1$ となるような値である。

【0031】ノイズ成分NIは、 $N=NI \times |1 - (Y'/Y)|$ として計算される。ノイズ成分は、ウォーターマークの粒度を決定する。NIが小さいと、ノイズ調節が少なくなり、非常に滑らかなウォーターマークが得られる。NIが大きいと、ノイズ調節が大きくなり、粒子が目立つが除去がより困難なウォーターマークが得られる。ノイズ成分NIに乱数RNDをかけて、乱数ノイズ成分RNを得る。

【0032】ブロック210で、乱数ノイズ成分RN（ブロック208で決定される）をスケール係数 Y'/Y に加算する。ブロック212で、その結果を $[0, \infty)$ にクリッピングして、画素スケーリング係数Sを得る。

【0033】ブロック206での Y'/Y の計算とブロック208でのノイズ成分Nの計算を、可能なすべての線形輝度値のサブセットについて実行し、その結果をテーブル化することができ、その結果、各画素について必要な動作が、1対のテーブル索引だけになるようにすることができる。

【0034】ブロック214で、画素のスケーリングに使用される最終スケール係数 S' を計算する。画素を暗くする場合には、 $S'=1+((S-1) \times (128-W)/128)$ であり、画素を明るくする場合には、 $S'=1+((S-1) \times (W-128)/128)$ である。128という値は、ウォーターマーク画素が効果的に表現する値の範囲に由来するものであり、この範囲は、好ましい実施例では $[-128, 128)$ である。上の式で、Wは、ウォーターマーク画素値であり、これは、上で述べたように0から255までの範囲をとり得る。

【0035】ブロック215で、線形画素値に S' をかけ

る。

【0036】その後、ブロック216で、望むならば結果を非線形画素値範囲に逆変換する。

【0037】上で述べた処理の流れ図を、図3のステップ302ないしステップ314に示す。図3では、ステップ302が、図2のブロック202ないしブロック204に対応し、ステップ304がブロック206に対応し、ステップ306がブロック208およびブロック209に対応し、ステップ308がブロック210ないしブロック212に対応し、ステップ310がブロック214に対応し、ステップ312がブロック215に対応し、ステップ314がブロック216に対応する。

【0038】線形画像スケールに変換する理由は、非線形サンプル値を使用する形式で画像が記憶されることがしばしばであることである。すなわち、サンプル値の所与の変化が、画素の元々の値に依存して異なる画素輝度の変化をもたらす。1例として、白黒画像およびr/g/b画像は、通常は表示装置の非線形性を補償するためにガンマ補正を適用された状態で記憶される。したがって、ウォーターマーキングの前に、ブロック202でこの非線形性を除去し、その結果、ウォーターマーキング動作を一貫した形で適用して、画像の暗い区域と明るい区域で同様に知覚される輝度変化がもたらされるようにする。ウォーターマーキングの後には、ブロック216で非線形性を再適用し、その結果、ウォーターマーキングされた画像が、原画像と同一の形式で記憶されるようにする。

【0039】一部の応用例では、ウォーターマーキングされる画像が、線形輝度形式で入手できる可能性がある（たとえば、ウォーターマーキングが、線形輝度空間で実行される一連の動作のうちの1つである可能性がある）。その場合には、線形化のステップ202と線形化解除のステップ216を実行する必要はない。

【0040】前述から、ウォーターマークが、原画像画素の色度を変化させないことを理解されたい。そうではなくて、このウォーターマークは、位置的に対応する原画像の輝度を、ユーザが指定した値だけ変更することによって配置される。所与の値のウォーターマーク画素に対応するすべての画素の値Yは、その画素の輝度の知覚される変化が同一になるようにスケールされるのが最適である。実際には、これは完全に可能ではない。たとえば、ある画素を暗くしなければならないが、その元々の色が黒の場合、この画素をより暗くすることはできず、その値は無変更のままにしなければならない。しかし、画素値のほとんどの範囲にわたって、この操作が可能である。

【0041】ブロック206での初期スケール係数の計算の詳細を、図4に示す。所与の画素に関するL*の計算、計算された値の一定量の修正および計算の逆転によ

であるY'が得られる。その後、所与の画素のスケール係数を、 Y'/Y として計算できる。

【0042】まず、ステップ402で、最大輝度 Y_m に対する線形輝度Yの比をとる。この比から、式2を使用してステップ404でL*の値を計算する。L*は、0から100までのスケールでの輝度を表す。ステップ406で、L*'と称するL*の修正値を、元の値に固定された値を足す（明るくする）または引く（暗くする）ことによって得る。加減算される量は、ユーザまたはアプリケーション・プログラムによって入力することができ、これによって、ウォーターマークの目立ちかたが決まる。L*'値は、ステップ408で0から100までの範囲にクリッピングされ、ステップ410で、その結果をL*の逆計算（式2のYを解くこと）にかけて、画素の線形輝度の修正版Y'を得る。比 Y'/Y は、基本スケール係数として使用される。

【0043】カラー画像の場合、ウォーターマーキング手順は、通常は変更される各画素の線形輝度Yを成分サンプルの同一の組合せから抽出しなければならないことを除いて、本質的に同一である。r/g/b画像では、Yは、線形化された赤、緑および青成分の線形組合せであり、y/cb/cr画像では、Yは、適切な線形化を適用されたy成分である。カラー画像の場合の手順を図5に示す。

【0044】ステップ502で、必要があれば、各画素成分を線形輝度スケールに変換する。その結果から、式2を使用して画素の知覚的に均一な輝度を計算する。

【0045】次に、ステップ304ないしステップ310を、白黒画像の場合と同じ形で実行して、スケール係数S'を決定する。

【0046】次に、ステップ504で、各画素成分の線形輝度にS'をかける。

【0047】次に、ステップ506で、必要があれば、その結果を非線形画素成分値範囲に逆変換する。

【0048】この基本方法の他の多くの変形および機能強化が可能である。たとえば、ノイズ成分は、乱数ではなく、再生可能な（暗号化された）乱数シーケンスか、暗号キーによって生成されたノイズ・シーケンスの要素に基づくものとして行うことができる。この場合、ウォーターマーク画像と暗号キーが提供されるならば、ウォーターマークを除去するためのシステムを設計することができる。第2の変形では、画素を明るくするか暗くするかを決定し、その輝度が任意の閾値を超えるまたは下回るかどうかに基づくものとして行うことができる。この場合、より明るい画素を暗くし、より暗い画素を明るくすることができる。こうすると、閾値付近の画素について、もともと閾値のどちら側にあったのかを判別することが困難になり、ウォーターマークの除去がより困難になり、また、ウォーターマークがどのような輝度の背景の上でも見えることを保証できるようになる。この方法は、閾

値を適応式に選択すること、たとえば、ウォーターマークされる画素の周囲の小さい領域の中央値をとり、閾値がその値に近くならないようにすることによって、さらに修正することができる。もう1つの変形として、ウォーターマークの寸法、位置または輝度もしくは乱数ノイズの輝度を、原画像ごとに変更することによって、ウォーターマークの除去をより困難にすることができる。

【0049】好ましい実施例によって本発明を説明してきたが、当業者はさまざまな修正および改良を考案するであろう。したがって、この好ましい実施例は、1例として提供されたものであり、制限として提供されたものではないことを理解されたい。本発明の範囲は、請求項によって定義される。

【0050】まとめとして、本発明の構成に関して以下の事項を開示する。

【0051】(1) デジタル原画像を提供するステップと、デジタル・ウォーターマーク画像を提供するステップと、ウォーターマーキングの際に原画像の画素の色度を変更せずに、原画像上にウォーターマーク画像を重ねることによって、ウォーターマーキングされた画像を作るステップとを含む、デジタル画像の上に可視のウォーターマークを置く方法。

(2) 画像を作るステップが、ウォーターマーク画像内の「透明」でない画素のそれぞれについて、色ではなく輝度を変更することによって原画像の対応する画素を修正するステップを含むことを特徴とする、上記(1)に記載の方法。

(3) 画素の色度が変化しないように線形色空間での原画像の画素サンプル値に対する乗法訂正として原画像にウォーターマークを適用するステップを含む、原画像にデジタル・ウォーターマークを適用する方法。

(4) デジタル原画像とデジタル・ウォーターマークとを格納された記憶装置と、ウォーターマーキングの際に原画像の画素の色度を変更せずに、原画像上にウォーターマーク画像を重ねることによって、ウォーターマーキングされた画像を作る手段とを含む、デジタル画像上に可視のウォーターマークを置くシステム。

(5) 画像を作る手段が、色ではなく輝度を変更することによって、不透明なウォーターマーク画素に対応する原画像の各画素を修正する手段を含むことを特徴とする、上記(4)に記載のシステム。

(6) ウォーターマーク適用の結果として修正される原画像の画素のサブセットを識別する手段と、サブセット内の画素のそれぞれについて、色成分の値に基づいてスケール値を決定する手段と、サブセット内の画素のそれぞれの色成分のそれぞれにそのスケール値をかける手段と、この動作によって作成されたウォーターマーキングされた画像を記憶する手段とを含む、原デジタル画像にデジタル・ウォーターマークを適用するシステム。

(7) ウォーターマーク適用の結果として修正される原画像の画素のサブセットを識別する手段と、サブセット内の各画素の色成分を線形化する手段と、サブセット内の各画素について色成分の線形化された値に基づいてスケール値を決定する手段と、サブセット内の各画素の各成分にそのスケール値をかける手段と、サブセット内の各画素の修正された成分を線形化解除する手段と、その結果得られるウォーターマーキングされた画像を記憶する手段とを含む、原デジタル画像にデジタル・ウォーターマークを適用するシステム。

(8) 前記スケール値Sを決定する手段が、乱数ノイズ場に応答することを特徴とする、上記(7)に記載のシステム。

(9) 前記スケール値Sを決定する手段が、再生可能な乱数シーケンスまたは暗号キーによって作成されるノイズ・シーケンスの要素に応答することを特徴とする、上記(7)に記載のシステム。

(10) 前記スケール値Sを決定する手段が、対応するウォーターマーク画素の値に応答することを特徴とする、上記(7)に記載のシステム。

(11) 修正される原画像の画素のサブセットを識別するステップと前記画素のサブセット内の各画素について、前記画素の色成分の値に基づくスケール値を決定するステップと、前記画素の各成分に前記スケール値Sをかけるステップと、その結果得られるウォーターマーキングされた画像を記憶するステップとを含む、原デジタル画像にデジタル・ウォーターマークを適用する方法。

(12) 決定の前に、前記画素の色成分を線形化するステップと、かけた後に、前記画素の修正された成分を線形化解除するステップとをさらに含む、上記(11)に記載の方法。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例に従う使用に適した、画像取込み配布システムのブロック図である。

【図2】本発明の実施例の機能レベル・ブロック図である。

【図3】本発明の実施例に従う、白黒画像のウォーターマーキングの方法の流れ図である。

【図4】図2の方法で使用されるスケール係数の計算の流れ図である。

【図5】本発明の実施例に従う、カラー画像のウォーターマーキングの方法の流れ図である。

【符号の説明】

- 100 スキャナ
- 102 物理供給源
- 104 デジタル・コンピュータ
- 106 作業用記憶域
- 108 画像記憶システム
- 110 画像アーカイブ

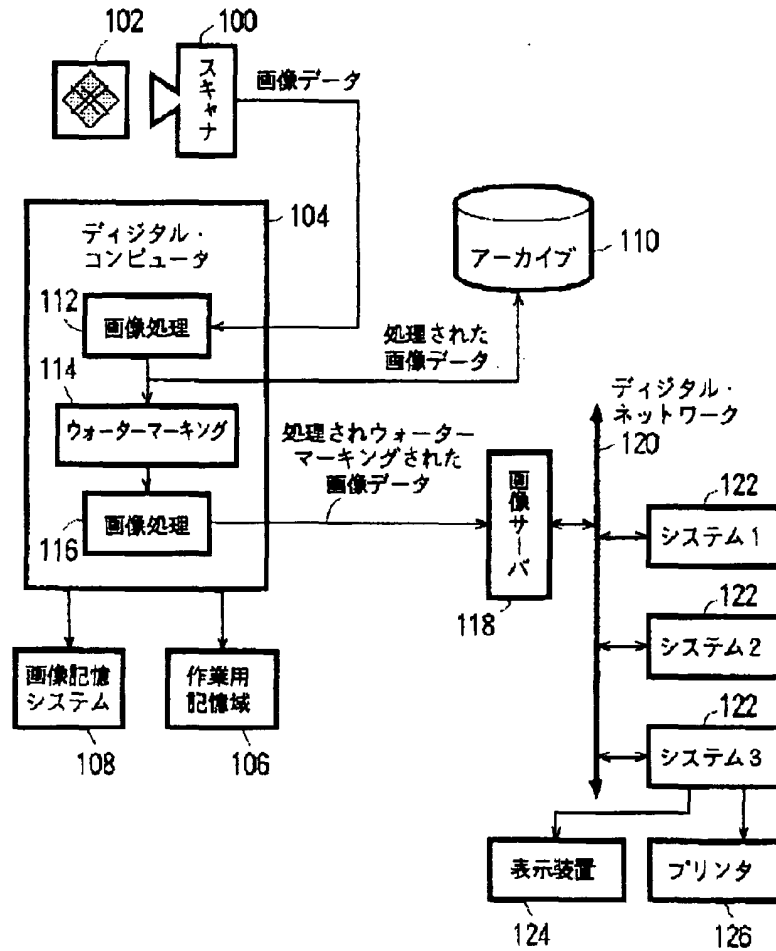
13

14

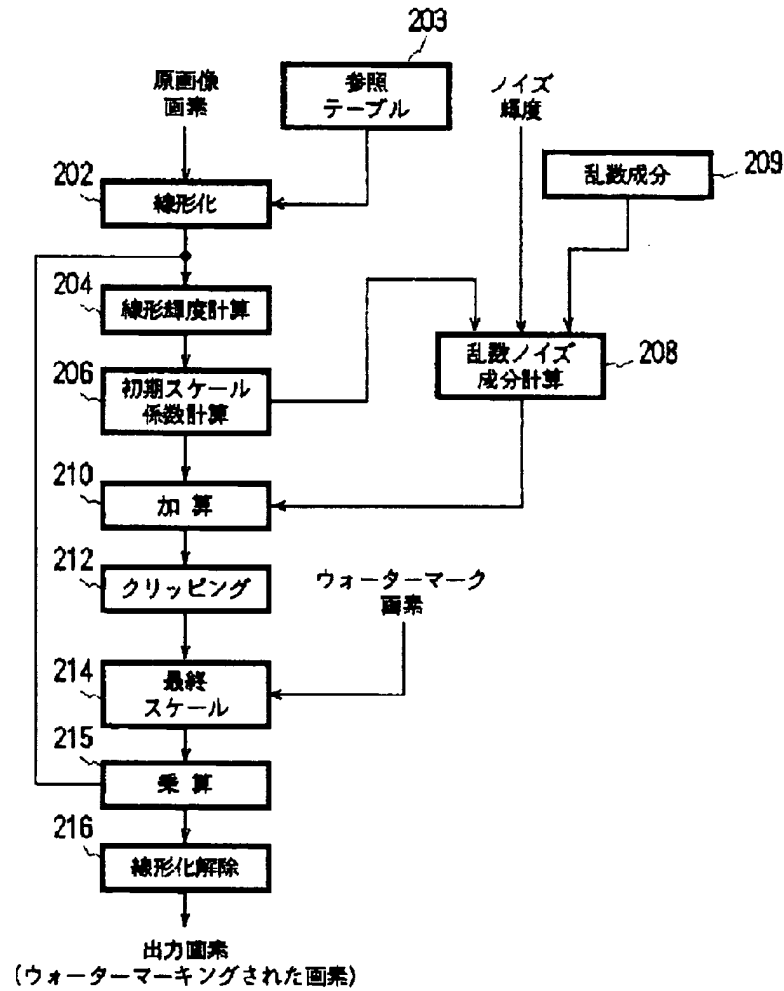
112 フロント・エンド画像処理ソフトウェア
 114 ウォーターマーキング・ソフトウェア
 116 バックエンド画像処理ソフトウェア
 118 画像サーバ
 120 デジタル・ネットワーク

122 他のシステム
 124 表示装置
 126 プリンタ
 203 参照テーブル

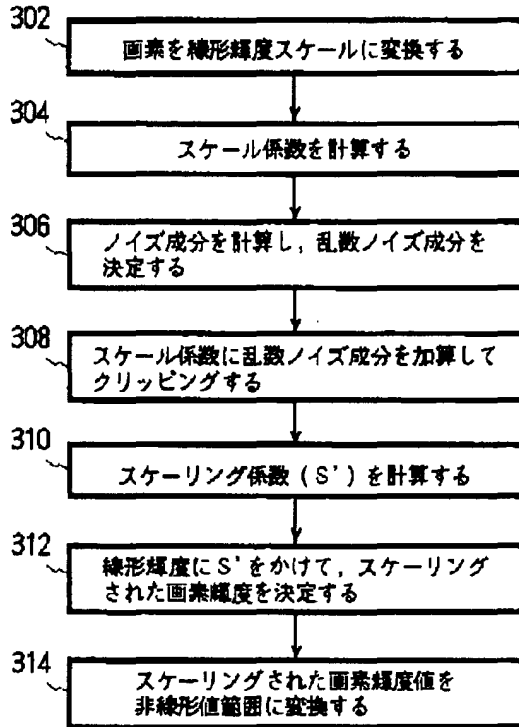
【図1】



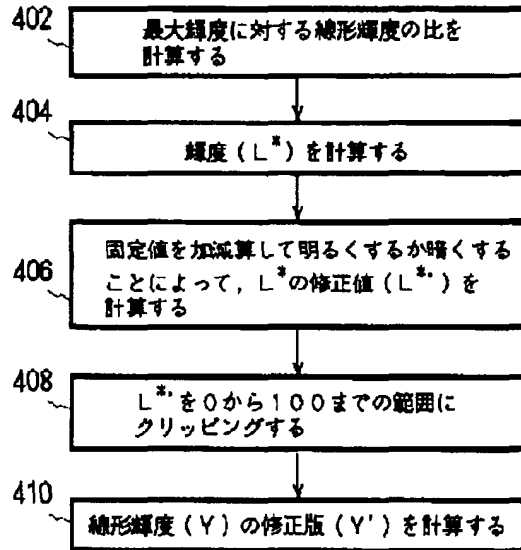
【図2】



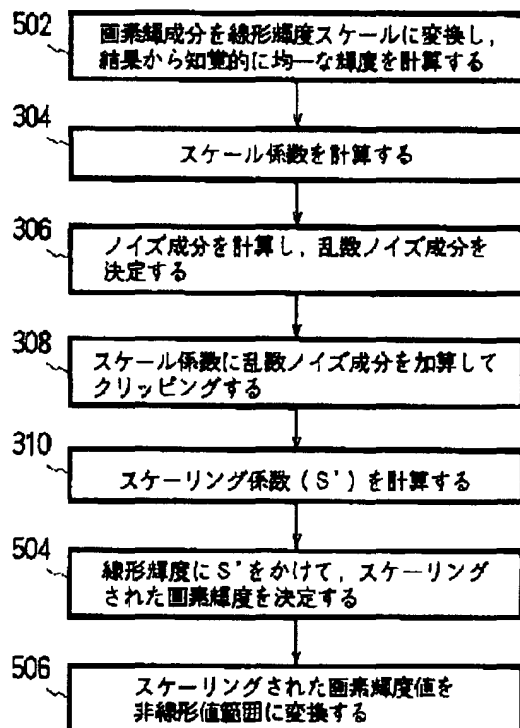
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 カレン・アンダーソン・マジャレイン
アメリカ合衆国10562 ニューヨーク州オ
シニングセネカ・ロード 19

(72)発明者 フレデリック・コール・ミンツァー
アメリカ合衆国10588 ニューヨーク州シ
ュラブ・オーク オリオール・コート
3798